УДК 007:631.2

В.П. ДИМИТРОВ, Л.В. БОРИСОВА

О ФОРМАЛИЗАЦИИ ЗАДАЧИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ РЕГУЛИРОВКИ КОМБАЙНА

Произведено аксиоматическое описание рассматриваемой задачи. Рассмотрены этапы формализации нечетких экспертных знаний.
Ключевые слова: *технологическая регулировка, нечеткие множества, лингвистическая переменная, функция принадлежности.*

Введение. Одним из подходов к решению проблемы повышения эффективности использования уборочных машин является применение информационных интеллектуальных систем, позволяющих снизить информационную нагрузку на оператора и, как следствие, повысить сменную производительность человеко-машинных систем. Для синтеза алгоритмов управления технологическим процессом комбайновой уборки становится очевидной необходимость построения формализованной теории, которая по своей структуре представляла бы не систему осмысленных разрозненных предложений (эмпирических экспертных знаний), а строгий формальный аппарат [1]. Формализация задачи технологической регулировки сложной сельскохозяйственной машины должна начинаться с определения первичных терминов, из которых затем посредством правил построения создаются формулы, истинность или ложность которых определяются с помощью исходных формул и правил вывода. Исходные формулы выделяются из неформальных (существующих) теорий (в данном случае экспертных знаний конструкторов и эксплуатационников, а также в результате изучения взаимодействий рассматриваемых признаков).

Таким образом, для создания теории принятия решений по технологической регулировке машины необходимо сформулировать требуемые утверждения и понятия, раскрыть их формальные структуры. Для синтеза знаний необходимо выбрать математический аппарат описания утверждений, понятий и процесса их получения, предварительно определив предметы описания и методики их построения.

Аксиоматика. Для успешного применения различных математических методов следует предварительно построить модель реальной системы и определить в ней интересующие нас с математической точки зрения процессы технологической регулировки. Эта модель должна быть достаточно абстрактной, чтобы ее можно было использовать для различных машин (технических систем). Поэтому на начальном этапе анализа мы задаемся следующими общими определениями.

Определение 1. Под системой будем понимать соединение N элементов единого целевого назначения, которое преобразует входные потоки в выходные потоки. Система будет считаться нормально функционирующей, если указанное преобразование обеспечивает нахождение в допусковых пределах характеристик выходных потоков. В противном случае система считается неправильно функционирующей.

Определение 2. Поведение выходного параметра любого i-го элемента может быть описано случайной функцией $\xi_i(t)$. Будем считать, что

элемент обладает заданным качеством, если его выходной параметр (параметры) находится в пределах нижней и верхней границ допуска $[C_i^H, C_i^B]$. Границы допуска в общем случае могут изменяться во времени $C_i^H = C_i^H(t)$, $C_i^B = C_i^B(t)$; в частном случае $C_i^H = const$, $C_i^B = const$.

Определение 3. Выход показателя процесса $\xi_i(t)$ за установленные границы допуска $[C_i^H, C_i^B]$ можно классифицировать как потерю элементом заданного качества – технологический или технический отказ элемента (который характеризуется внешним признаком нарушения технологического процесса или внешним признаком неисправности с конкретными временными и пространственными атрибутами).

Предположение 1. Предположим (если нет особых условий), что в системе одновременно может быть появление только одного внешнего признака нарушения технологического процесса, т.е. выхода за допусковые пределы значений выходного параметра.

Предположение 2. Предположим, что в системе одновременно может быть только один неисправный элемент (блок). Неисправность системы в целом вызывается неисправностью любого одного элемента (блока), и что проверка системы не вносит в нее новых неисправностей.

Определение 4. В системе возможно осуществление определенного числа проверок $\Pi = \{\pi_j\}$, $j = \overline{1,k}$, каждая из которых имеет свою стоимость, охватывает (проверяет) определенное подмножество элементов системы и может иметь два исхода: положительный и отрицательный.

Проверка считается положительной, если при ее проведении значения выходных параметров попадают в допусковый предел.

Проверка считается отрицательной, если после ее проведения значение выходного параметра остается за допусковыми пределами.

Предположение 3. Для предметной области «технологическая регулировка» (в отличие от «поиска неисправностей») целесообразно ввести понятие стирание информации от проверки. Однако бывает, что помехи от проверяемой или проверяющей системы или от внешней среды (изменение значений факторов среды) не дают возможности сразу однозначно зафиксировать результат проверки. В таком случае проверку приходится повторять несколько раз.

Определение 5. Будем говорить, что пространство возможных проверок (регулировок) П не является ограниченным, если оно включает в себя все возможные 2^N-1 комбинации проверяемых элементов. На практике пространство П бывает ограниченно, обычно число возможных проверок не намного превышает число элементов в подсистеме.

Определение 6. Стоимость проверки (регулировки отдельного параметра) является некоторой функцией от времени проведения проверки, стоимости используемых при этом контрольно-измерительных средств, ква-

лификации оператора, производящего проверку. В первом приближении эту зависимость можно аппроксимировать линейной функцией.

Определение 7. Проверки $\pi_j \in \Pi$ и $\pi_k \in \Pi$, $k \neq j$ будем называть непересекающимися (независимыми), если подмножества элементов, проверяемые соответственно проверками π_j и π_k, не пересекаются.

Предположение 4. Будем полагать, что для рассматриваемой системы всегда задано некоторое априорное распределение значимости (весомости) вклада технических параметров системы в возможность появления внешнего признака нарушения качества технологического процесса.

Описание предметной области. Многообразие внешних условий функционирования уборочной техники вынуждают конструкторов предусматривать регулировки рабочих органов. Для того чтобы обеспечить выполнение технологического процесса в различных условиях с высоким качеством необходима технологическая регулировка машин.

При использовании уборочных машин информация о процентном соотношении потоков основного продукта и примесей является основой для принятия решений по регулировке машины. Сказанное выше позволяет ввести в рассмотрение структуру комплекса технологических показателей процесса уборки сельскохозяйственных культур (рис.1).

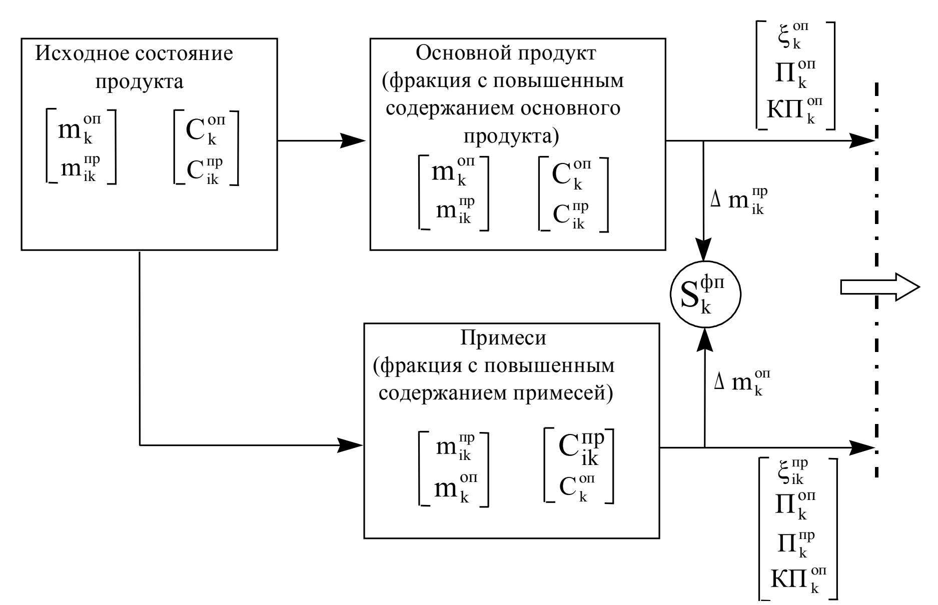


Рис.1. Обобщенная структура комплекса технологических показателей процесса уборки

На рис.1 приняты обозначения: Z_{k-1} - (k-1)-й этап преобразования «исходной массы» (влияние рабочего органа); m_k^{on} - масса основного продукта на k-й стадии фракционирования (воздействия рабочего органа); m_{ik}^{np} - масса i-го компонента примесей; $ОП$ - основной продукт; $Пр_i$ - i-й

компонент примесей; C_k^{on} - состояние основного продукта на k-й стадии фракционирования; C_{ik}^{np} - состояние i-го компонента примесей на k-й стадии фракционирования; $S_k^{\phi n}$ - k-й межфракционный переход (выделение части примесей из потока основного продукта либо выделение части основного продукта из потока примесей); Π_k^{on} - прямые потери основного продукта на k-й стадии фракционирования (потери зерна, клубней, части корня с коронкой, части стебля льна и др.); $K\Pi_k^{on}$ - косвенные потери основного продукта на k-й стадии фракционирования (дробление зерна, микроповреждения зерна, клубней, корней и др.); Π_k^{np} - потери примесей на k-й стадии фракционирования (в случае, если эта часть «исходного продукта» идет на корм животным и может рассматриваться как второстепенный «основной продукт»); ξ - показатель, характеризующий отношение масс продукта на различных стадиях разделения:

$$\xi_k^{ОП} = \frac{m_k^{ОП}}{m_{k\text{-}1}^{ОП}}; \quad \xi_{\text{ik}}^{\text{ПР}} = \frac{m_{\text{i,k}}^{\text{ПР}}}{m_{\text{i,k-1}}^{\text{ПР}}}.$$

Для последовательности из нескольких рабочих органов, воздействующих на потоки «основного продукта» и «примесей», справедливы соотношения:

для «основного продукта»:

доля (md) «основного продукта» растет $md_к^{ОП} > md_{к-1}^{ОП} > md_{к-2}^{ОП} > \ldots$,

а доля примесей падает $md_к^{ПР} < md_{к-1}^{ПР} < md_{к-2}^{ПР} < \ldots$,

причем $md_к^{ПР} < \left[md^{ПР}\right]$, где $\left[md^{ПР}\right]$ – допустимое содержание примесей в основном продукте в соответствии с целью уборки;

для «примесей»:

доля (md) «примесей» растет $md_к^{ПР} > md_{к-1}^{ПР} > md_{к-2}^{ПР} > \ldots$,

а доля основного продукта падает $md_к^{ОП} < md_{к-1}^{ОП} < md_{к-2}^{ОП} < \ldots$,

причем $md_к^{ОП} < \left[md_{п.сум.}^{ОП}\right]$, где $\left[md_{п.сум.}^{ОП}\right]$ – допустимые суммарные потери основного продукта.

Для технологических показателей степени разделения потоков при наличии потерь как основного продукта, так и примесей характерно соотношение:

$$m_k^{ОП} + m_k^{ПР} + \Pi_k^{ОП} + \Pi_k^{ПР} = 1.$$

В случае последовательного разделения на фракции, когда (k-1)-я фракция является «исходной массой» для к-го разделения, процесс может рассматриваться аналитически как преобразование точки $S_{к\text{-}1}(m+1)$-мерного пространства $S_{k\text{-}1}^{ОП}\left[m_{k\text{-}1}^{ОП};\Pi_{k\text{-}1}^{ОП};\ldots\right]$ в две другие точки:

$$S_k^{ОП}\left[m_k^{ОП};\Pi_k^{ОП};\ldots\right], \qquad S_k^{ПР}\left[m_{ik}^{ОП};\Pi_{ik}^{ОП};m_{ik}^{ПР}..\right]$$

посредством оператора

$$m_k^{ОП} = \Phi\left(Z_k, C_k^{ОП}, C_{ik}^{ПР}\right).$$

Процесс k-го разделения потока характеризуется изменением состояния основного продукта, а также ik-й компоненты примесей под воздействием рабочего органа. Так при обмолоте хлебной массы в МСУ комбайна в зависимости от состояния хлебной массы и значений параметров МСУ можно наблюдать различное содержание крупных фракций соломы в зерновом (мелком) ворохе.

Таким образом, переход исходного продукта из одного состояния в другое под действием рабочих органов уборочной машины можно охарактеризовать как реализацию операций фракционирования. В этом случае функционирование системы можно представить как процесс изменения ее состояний. Пусть z_t - состояние изучаемой системы в момент t. При этом $z_t \in Z$, где Z - множество всех возможных состояний системы, которое определяет множество состояний. В общем случае z_t есть n-мерный вектор [4]

$$z_t = \left\| z_{1t}, z_{2t} \ldots, z_{nt} \right\|.$$

Состояние системы обусловливается влиянием всей совокупности управляющих воздействий (в том числе и со стороны ЛПР) к моменту времени t, а также влиянием внешних факторов, часть из которых Λ_E имеет стохастический характер, а другая часть может быть отнесена к природным и поведенческим неопределенностям (например, потеря внимания, забывчивость и т.п.).

На рис.2 схематично представлено информационное «поле» признаков предметной области (множества входных значений факторов внешней среды, регулируемых параметров машины и показателей качества работы), которые обусловливают суть задач предварительной настройки и корректировки технологических регулировок на примере зерноуборочного комбайна

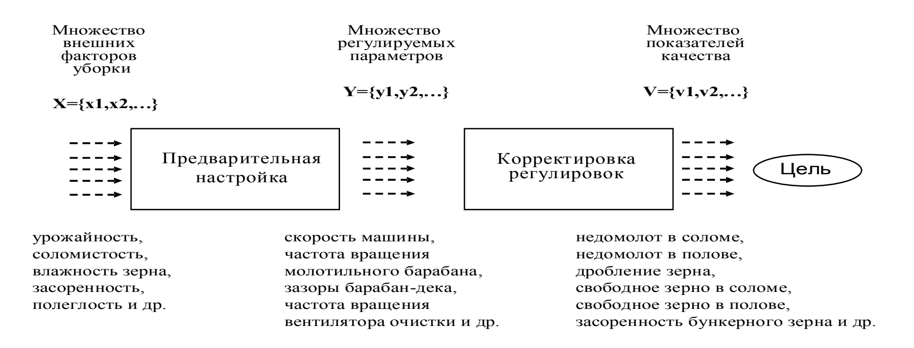


Рис.2. Информационное «поле» задач предварительной настройки и корректировки технологических регулировок зерноуборочного комбайна

Формализация знаний. Ранее нами было показано [2, 4], что задача управления технологическим процессом комбайна (технологическая настройка и корректировка технологических регулировок) есть задача приня-

тия решения в нечеткой среде (рис.3). Центральной научной проблемой при разработке информационных интеллектуальных систем является представление знаний рассматриваемых предметных областей.

Для представления знаний используется обобщенная модель предметной области в виде семантической сети [6].

$$C = \langle X; R_1,...,R_n; G \rangle, \ i = \overline{1,n}$$

где X – множество объектов предметной области; $R_1,...R_i$ - множество типов связи между ними; G – отображение, задающее связи между объектами, входящими в X, из заданного набора типа связей.

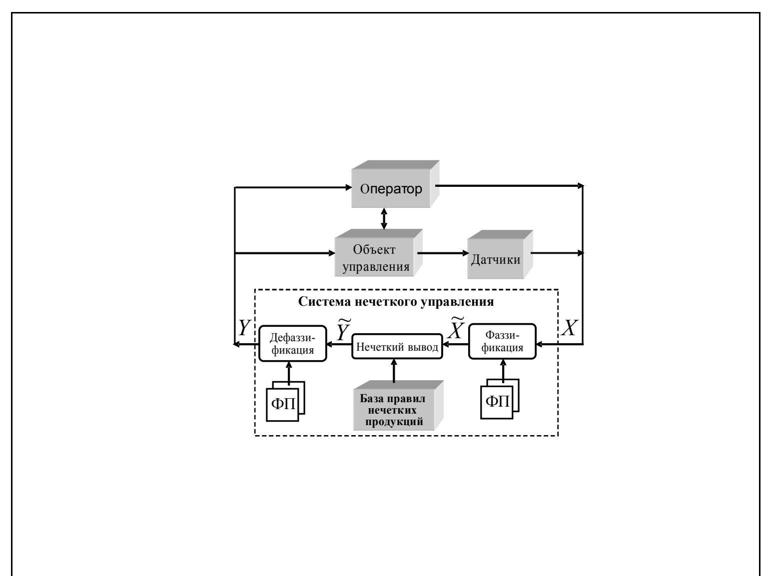


Рис.3. Общая схема системы нечеткого управления при технологической настройке комбайна: ФП – базы данных параметров функций принадлежности

Основные этапы методики формализации нечетких экспертных знаний предметных областей представлены ниже.

1. Определение множества факторов внешней среды

$$X \in \{x_1, x_2, ..., ..., x_n\}.$$

2. Определение множества регулируемых параметров рабочих органов машины

$$Y^{РП} \in \{y_1, y_2, ..., y_k\}$$

3. Определение множества показателей качества работы

$$V \in \{v_1, v_2, ..., v_k\}$$

4. Описание лингвистических переменных (ЛП), характеризующих множество факторов внешней среды

$$\langle \beta_X; T_X; X; G; M \rangle$$

<Засоренность Хлебостоя (ЗХ), %>

5. Описание лингвистических переменных (ЛП), характеризующих множество регулируемых параметров

$$\langle \beta_Y; T_Y; V; G; M \rangle$$

<Частота Вращения Молотильного Барабана (ЧВМБ), мин$^{-1}$ >

6. Описание лингвистических переменных (ЛП), характеризующих множество показателей качества

$$\langle \beta_V; T_V; V; G; M \rangle$$

<Дробление зерна (ДЗ), % >

7. Назначение термов ЛП для факторов внешней среды, определение базового множества [2].

В общем случае базовое терм-множество рассматриваемых ЛП имеет вид

$$T_i = \{T_1^i, T_2^i, \ldots T_m^i\}, (i \in K = \{1, 2, \ldots, l\}).$$

Здесь $\langle T_i, X; \tilde{C}_i \rangle$ – нечеткая переменная, соответствующая терму $T_i \in T$; $\tilde{C}_i = \{\langle \mu_{C_i}(x)/x \rangle\}$ $(x \in X)$; C_i – носитель нечеткого множества $\tilde{C}_i$; $\mu_{C_i}(x)$ – функция принадлежности.

Базовое терм-множество образуется на основе экспертных суждений, например:

$T=\{a_i\}$, $i = \overline{1, m}$ {Очень малая; Малая, Средняя, Высокая}, [0 – 50],

ЗХ ={ОМЗХ, МЗХ, СЗХ, ВЗХ, %}.

8. Назначение термов ЛП для регулируемых параметров, определение базового множества, например:

$T=\{a_i\}$, $i = \overline{1, m}$ {Пониженная, Номинальная, Повышенная}, [580 – 780],

ЧВМБ ={ПонЧВМБ, НомЧВМБ, ПовЧВМБ, мин$^{-1}$}.

9. Назначение термов ЛП для показателей качества, определение базового множества, например:

$T=\{a_i\}$, $i = \overline{1, m}$ {Пониженная, Номинальная, Повышенная}, [0 – 10],

ДЗ ={НДЗ, СрДЗ, ВДЗ, %}.

10. Проверка требований к функциям принадлежности [3]. Выбор эталона (степень уверенности эксперта в принадлежности типичного представителя соответствующему понятию равна единице).

Терм-множества рассматриваемых ЛП переменных должны удовлетворять условиям:

$$\mu_{C_1}(x') = 1, \ \mu_{C_m}(x'') = 1; \qquad (1)$$

$$(\forall T_i \in T \setminus \{T_m\})(0 < \sup_{x \in X} \mu_{C_i \cap C_{i+1}}(x) < 1); \qquad (2)$$

$$(\forall T_i \in T)(\exists x \in X)(\mu_{C_i}(x) = 1); \qquad (3)$$

$$(\forall \beta)(\exists x' \in R_1)(\exists x'' \in R_1)((\forall x \in X)(x' < x < x'')). \qquad (4)$$

Интерпретация выражений (1) – (4) заключается в следующем.

Условие (1) подчеркивает, что функции принадлежности крайних термов ЛП не могут иметь колоколообразную форму, что обусловлено расположением этих термов в упорядоченном множестве Т.

Условие (2) оговаривает недопустимость в базовом множестве Т термов, представленных на рис.4. Случай недопустимой близости функций принадлежности (см. рис.4,а) характеризует естественную разграниченность понятий, аппроксимируемых термами (по сути понятия не различимы – тогда нет необходимости их вводить и рассматривать). Во втором случае (см. рис.4,б) имеется центральный участок области определения термов, которому не соответствует какое-либо понятие.

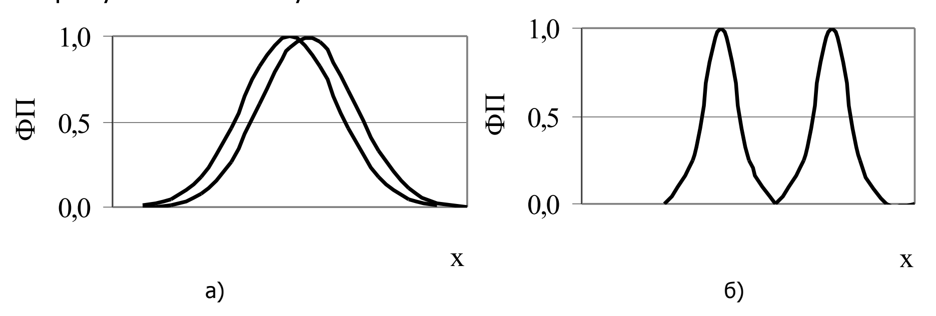


Рис.4. Варианты некорректного определения границ термов ЛП

Условие (3) указывает на то, что каждое понятие имеет хотя бы один типичный объект, обозначаемый этим понятием. Поэтому недопустимо совмещение на одном отрезке шкалы функций принадлежности с различной высотой $d = \max\limits_{x \in X} \mu(x)$. Предполагается использование нормальных нечетких множеств с высотой $d = 1$.

Условие (4) оговаривает ограниченность области определения X конечным множеством точек. Данное условие, например, для регулируемых параметров рабочих органов, является естественным, так как эти ограничения обусловлены конструкцией машины.

Один из возможных подходов при построении функции принадлежности термов ЛП связан с использованием (L-R) представления нечеткой переменной [5]. Рассмотрим толерантные и унимодальные (L-R)- числа с функциями принадлежности

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = \begin{cases} L\left(\dfrac{a_1 - x}{a_L}\right), 0 \le \dfrac{a_1 - x}{a_L} \le 1, a_L > 0 \\ R\left(\dfrac{x - a_2}{a_R}\right), 0 \le \dfrac{x - a_2}{a_R} \le 1, a_R > 0 \\ 1, \dfrac{a_1 - x}{a_L} < 0 \cap \dfrac{x - a_2}{a_R} < 0 \\ 0, \dfrac{a_1 - x}{a_L} > 1 \cup \dfrac{x - a_2}{a_R} > 1 \end{cases},$$

и следующими условиями на функции L и R:

1) $L(0) = R(0) = 1,\ L(1) = R(1) = 0;$

2) $L(x)$ и $R(x)$ – монотонно убывающие функции на множестве [0,1].

$\widetilde{A}$ символически записывается в виде

$$\widetilde{A} \equiv (a_1, a_2, a_L, a_R) \quad \text{или} \quad \mu_{\widetilde{A}}(x) \equiv (a_1, a_2, a_L, a_R),$$

где a_1, a_2, a_L, a_R - параметры толерантного (L-R)-числа $\widetilde{A}$; отрезок $[a_1, a_2]$ - интервал толерантности, а a_L и a_R - соответственно левый и правый коэффициенты нечеткости.

Функция $L\left(\frac{a_1 - x}{a_L}\right)$ есть левая граница функции принадлежности толерантного (L-R)-числа, а функция $R\left(\frac{x - a_2}{a_R}\right)$ есть правая граница функции принадлежности толерантного (L-R)-числа.

При $a_L = 0$ предполагается, что $L\left(\frac{a_1 - x}{a_L}\right) = 0$, при $a_R = 0$ предполагается, что $R\left(\frac{x - a_2}{a_R}\right) = 0$.

Унимодальное (L-R)-число $\widetilde{A}$ имеет функцию принадлежности толерантного (L-R)-числа при условии $a_1 = a_2$. Символически унимодальное (L-R)-число $\widetilde{A}$ записывается в виде $\widetilde{A} \equiv (a_1, a_L, a_R)$.

11. Выбор метода построения функций принадлежности.

11.1. Метод экспертных оценок. Определение базового терм-множества, количества экспертов.

11.2. Метод деления ФП пополам. Обоснование кратности разбиения интервала.

11.3. Метод типовых функций. Определение границ толерантности. Проверка признака унимодальности функции принадлежности. Функции принадлежности термов ЛП аппроксимируются типовыми функциями вида:

для центральных термов

$$\mu_1(x,a,b,c) = \begin{cases} 0, & \text{если} \quad x \le a \\ \frac{x-a}{c-a}, & \text{если} \quad a < x \le c \\ \frac{b-x}{b-c}, & \text{если} \quad c < x < b \\ 0, & \text{если} \quad x \ge b \end{cases};$$

$$\mu_3(x,a,b,c,d)=\begin{cases}0, & \text{если} \quad x \le a\\ \dfrac{x-a}{c-a}, & \text{если} \quad a < x < c\\ 1, & \text{если} \quad c \le x \le d\\ \dfrac{b-x}{b-d}, & \text{если} \quad d < x < b\\ 0, & \text{если} \quad x \ge b\end{cases};$$

для крайнего правого терма

$$\mu_1(x,a,b)=\begin{cases}0, & \text{если} \quad x \le a\\ \dfrac{x-a}{b-a}, & \text{если} \quad a < x < b\\ 1, & \text{если} \quad x \ge b\end{cases};$$

для крайнего левого терма

$$\mu\ \ (x,a,b)=\begin{cases}1, & \text{если} \quad x \le a\\ \dfrac{b-x}{b-a}, & \text{если} \quad a < x < b\\ 0, & \text{если} \quad x \ge b\end{cases}.$$

12. Определение степени нечеткости полных ортогональных семантических пространств [5].

Определение количественной оценки нечеткости информации, поступающей от экспертов.

Линейный индекс нечеткости определяется равенством:

$$d(A)=2\rho(A,\underline{A}),$$

где $\rho(A,\underline{A})=\int_0^1(\mu_A(x)-\mu_{\underline{A}}(x))dx$, $\underline{A}$ – нечеткое множество, у которого $\mu_{\underline{A}}(x)=\begin{cases}0\\1\end{cases}$ в зависимости от $\mu_A(x)$:

$$\mu_{\underline{A}}(x):\begin{cases}0, \ \text{если} \ \mu_A(x) \le 0{,}5\\ 1, \ \text{если} \ \mu_A(x) > 0{,}5\end{cases}.$$

Показатель различия между моделями экспертного оценивания признака, представленными i-м и j-м экспертами, выражается как линейное расстояние (Хемминга) между нечеткими множествами с функциями принадлежности $\mu_{il}(x)$ и $\mu_{jl}(x)$:

$$d(\mu_{il},\mu_{jl})=\int_0^1\left|\mu_{il}(x)-\mu_{jl}(x)\right|dx.$$

Определение на основе показателей нечеткости и согласованности экспертных оценок оптимального числа термов лингвистических переменных.

13. Построение нечетких множеств термов лингвистических переменных для факторов внешней среды $| : \{ \langle |, |u, u \rangle \}$.

14. Построение нечетких множеств термов лингвистических переменных для параметров технического состояния машины.

15. Построение нечетких множеств термов лингвистических переменных для показателей качества работы машины.

16. Реализация и анализ полученного решения.

17. Этап фаззификации [3] - лингвистическое описание признаков технического состояния и факторов внешней среды в виде семантических пространств.

Выводы. Результатом использования методики моделирования нечетких экспертных знаний является лингвистическое описание предметной области, которое включает 6 факторов внешней среды, 23 регулируемых параметров молотилки комбайна и 10 внешних признаков нарушения технологического процесса.

Для 36 лингвистических переменных определены вид и параметры функций принадлежности, базовые терм-множества. На основе формализации отношений рассматриваемых признаков создана база знаний экспертной системы для технологической регулировки комбайна, содержащая 13560 продукционных правил.

Экспертная оценка методики формализации нечетких знаний и разработанной на ее основе базы знаний показала результативность и эффективность технологической настройки в полевых условиях по сравнению с традиционным методом.

Практической реализаций является создание программных средств для автоматизированного решения задачи, которые зарегистрированы в Роспатенте (№ 2005612734, № 2005620290, № 2006610834). Использование экспертной системы при проведении технологической регулировки позволяет уменьшить затрачиваемое время в 2 – 5 раз по сравнению с традиционными методами и, как следствие, повысить на 7 - 10% сменную производительность комбайна.

Библиографический список

1. *Борисова Л.В.* Некоторые аспекты структуризации знаний предметной области "Техническое обслуживание комбайнов" / Л.В. Борисова, В.П.Димитров, В.И. Сазанович // Изв. вузов. Сев.-Кав. регион. Сер. Математическое моделирование и компьютерные технологии. Спец. вып. - 2003.- С.59-64.

2. *Борисова Л.В.* Формализация нечеткой исходной информации при анализе технологического процесса уборочных машин / Л.В. Борисова // Математические методы в технике и технологиях – ММТТ-17: сб. тр. XVII Междунар. науч. конф.: В 10 т. Т.5 / под общ. ред. В.С. Балакирева.- Кострома: Изд-во Костромского гос. технол. ун-та, 2004.- С. 64-67.

3. *Борисова Л.В.* Методика моделирования предметной области «технологическая настройка» в нечеткой постановке: докл. РАСХН / Л.В. Борисова. - 2005. - №6. - С.62-65.

4. *Борисова Л.В.* Особенности формализации знаний при логико-лингвистическом описании сложных технических систем. / Л.В.Борисова, В.П. Димитров. - Ростов н/Д: РГАСХМ, 2006. - 234 с.

5. Обработка нечеткой информации в системах принятия решений/ А.Н. Борисов, А.В. Алексеев, Г.В. Меркурьев и др. – М.: Радио и связь, 1989. – 394 с.

6. Прикладные нечеткие системы /К. Асаи, Д. Ватада, С. Сугэно; пер с япон. – М.: Мир, 1993. – 368 с.

Материал поступил в редакцию 8.05.08.

V.P. DIMITROV, L.V. BORISOVA

ABOUT FORMALIZATION OF COMBINE'S TECHNOLOGICAL ADJUSTMENT'S PROBLEM

The axiomatic description of a considered problem is made. Stages of formalization of indistinct expert knowledge are considered.

ДИМИТРОВ Валерий Петрович (р.1953), доктор технических наук (2002), профессор. Окончил РИСХМ (1975).
Сфера научных интересов: системы информационного обеспечения жизненного цикла продукции, экспертные системы, техническое обслуживание машин.
Имеет 300 научных публикаций, в том числе 25 учебных пособий и монографий.

БОРИСОВА Людмила Викторовна, доктор технических наук (2008), профессор. Окончила РГАСХМ (1991).
Сфера научных интересов: статистика, системы информационного обеспечения жизненного цикла продукции, менеджмент качества.
Имеет 165 научных публикаций, в том числе 10 учебных пособий и монографий.